

# プログラミング教育における吹き出し導入の試みと分析

伊藤 恵<sup>\*1</sup>, 椿本 弥生<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 公立はこだて未来大学 システム情報科学部

## A Trial Introduction of “Balloon Method” into Programing Education

Kei ITO<sup>\*1</sup>, Mio TSUBAKIMOTO<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Faculty of Systems Information Science, Future University Hakodate

あらまし: 情報系学部において初年次教育として実施している必修のプログラミング科目において, 例題などの表面的な理解に留まり, 実践力を付けられない受講者が目立ってきている. 本研究ではブレンディッド形式で実施しているプログラミング科目に「吹き出し」を導入することによって, 受講者の思考の見える化とそれに伴う理解の深化を目指した. その導入の試みと分析結果を報告する.

キーワード: プログラミング教育, 吹き出し, 教育実践, データ分析

### 1. はじめに

コンピュータを有効に活用できる人材が社会的に多く求められ, 多くの教育機関でプログラミングなどの情報系科目が広く開講されている. 特に情報系の学部学科では, 初年次教育としてプログラミング科目が必修で行われることが多い. 一方で, 大学進学率の向上に伴い, PISA 調査<sup>(1)</sup>に示されるように大学生の学力低下が問題となっており, 情報系の学部学科においてもプログラミング科目の理解度低下が問題となってきている.

学習内容の理解度を向上させるために, 自分の理解度に注目し, メタ的思考を活性化させ学習方略に注目させる「メタ認知的教育介入」が, 教育研究では多くなされている. その中でも, 実験室環境ではなく, 日々の教室での授業中に簡便に学習者のメタ認知を活性化させる手法として, 「ふきだし法」が提案されている. ふきだし法とは, 問題解決過程の思考を, 単語や文, 図, 絵などを用いて, 問題文の周囲の空白に「ふきだし」として記述させる学習指導法である<sup>(2)</sup>.

そこで我々は情報系学部で初年次教育として実施されているプログラミング科目に「吹き出し」を導入することによって, 受講者の思考の見える化とそれに伴う理解の深化を目指した. その導入の試みと分析結果を報告する.

### 2. 先行事例

#### 2.1 プログラミング教育の現状

情報系だけでなく文系の大学なども含め多くの教育機関でプログラミングなどの情報系科目が開講され, 特に情報系の学部学科では初年次教育としてプログラミング科目が必修で行われている. しかし, 大学進学率の向上に伴い, PISA 調査<sup>(1)</sup>に示されるように大学生の学力低下が問題となっており, 情報系

の学部学科においてもプログラミング科目の理解度の低い学生増が問題となってきている.

#### 2.2 プログラミング教育へのメモ用紙導入

伊藤ら<sup>(2)</sup>は PC 使用が中心であるプログラミング科目に対して, 敢えて紙のメモ用紙を導入することで PC から離れて考えることの促進とその思考調査を試みている. メモ用紙または自習クイズ付きのメモ用紙を受講生に配布し, 任意で使用させた結果, メモ用紙等の使用率は全体的に低いものの, メモ用紙のメモ欄と自習クイズの両方の使用率が高い受講生は成績も良いという傾向を見い出している.

#### 2.3 ふきだし法による問題解決過程の外化

亀岡<sup>(3)</sup>によれば, ふきだし法は次の 3 つに分類される. 問題の周囲に学習者が思いついたことをどんどん書かせる「オープン型」, 考えた順に番号をつけさせる「思考順序記入型」, 問題文をセンテンスで区切り, センテンスごとにふきだしを書きこませる「分割提示型」である. どの型も, 学習者の内言として浮かんで消えていく思考を文字として外化し, 学習者に自らの施工内容や順序を振り返らせる仕組みである.

亀岡<sup>(3)</sup>は, 算数科教育においてふきだし法を用いた実践を行った. その結果, 算数に対する学習意欲と好感度の向上がみられた. また, 算数学習者のメタ認知を学習者と教員の双方で共有することで, 学習者の否定的なメタ認知を肯定的なものに変容させたり, つまづきを発見しやすくなったりなど教員にとって学習指導上の有効性が得られた.

ふきだしによって学習者が自らの思考過程を外化・記録することによって, 学習方略に注意を向けたり, 自らの達成状況を客観的に認知したりする「メタ学習(学習についての学習)」が促される. メタ学

習を意識することは、特に対象科目に苦手意識を持っていたり、学習意欲が低かったりといったいわゆるスロー・ラーナーの学習改善に対して有効であると考えられる。亀岡・古本<sup>(4)</sup>は、ふきだし法によって可視化された学習者の思考過程を教師が理解し指導に活かすことや、学習者が問題に自ら取り組む姿勢を涵養することの重要性を主張している。これらは、初等中等教育のみならず、現在の高等教育、とくに初年次教育においても喫緊の教育的課題である。

### 3. プログラミング教育への吹き出し導入

著者ら所属大学において初年次教育としてブレンディッド形式で実施している必修のプログラミング科目に「吹き出し」を導入することによって、受講生の思考の見える化とそれに伴う理解の深化を目指した。その導入の試みを紹介する。

#### 3.1 対象とする授業科目

著者ら所属大学学部多くの学生が2年前期に必修科目として受講する「情報処理演習 I」を対象とする。受講生は1年次に Processing および C 言語によるプログラミングの入門および基礎科目を受講しており、この演習では Java プログラミングを扱う。学生の所属コース別に40名×3クラス+30名×2クラスの計5クラス編成で演習を実施している。演習資料や課題などの教材や全体的な進め方は全クラス共通だが、担当教員はクラス毎に異なり、授業の細部は各教員に任されている。

全クラス共通の特徴として、事前公開される演習資料、自動採点され全正解必須の予習クイズ、授業時公開の演習課題、提出すれば即時に採点結果とフィードバックコメントが得られる自動チェック機構、紙の中間または期末試験がある。紙の試験と最終的な成績評価以外は基本的にすべて LMS 上で提供・実施されており、LMS 上に保存される各採点情報と紙の試験の点数などを踏まえて各クラスの担当教員が最終的な成績評価を行っている。

#### 3.2 自習クイズ付きメモ用紙の導入

3.1 節で述べた「情報処理演習 I」において第一著者が担当するクラス独自に、2012 年度よりメモ用紙を導入した。メモ用紙は各授業開始時に配布され、授業終了時に回収される。メモ用紙の配布意図は、その日の演習課題を読んでから実際に課題プログラムを完成させるまでの間に、受講生各自が課題をどのように理解したか、それをどのようにプログラムにしようとしたかをメモしてもらうことである。ただし、何をどう書くか具体的な指示や強制はしておらず、配布意図を説明した上で、利用は任意とし、利用したかどうかは成績に反映しないこととした。

導入初年の 2012 年度は、記名欄以外すべて空欄の両面メモ用紙(図 1)を配布していたが、2013 年度からはメモ用紙の片面一部にその日の演習課題を解くに当たったヒントとなるような自習クイズを掲載した(図 2)。

その場合も裏面は 2012 年度と同様に記名欄のみである。演習課題を読んですぐには解き始められないような受講生が、自習クイズを解くことで課題を理解し易く、また、プログラム作成のヒントに気が付きやすくすることを意図したものである。ただし、自習クイズも利用は任意とし、採点や正解例の開示は行わなかった。

自習クイズの具体的な内容は、その回の課題内容に依存して大きく変わるが、例えば、指定されたアルゴリズムに従って計算を行う関数を実装する課題に対し、関数内で変数値の変化を示す表を埋めるものや、その処理を実装する際に使用するプログラム構文を問うものなどである(図 2)。

図 1 記名欄以外すべて空欄のメモ用紙

図 2 自習クイズを含むメモ用紙

### 3.3 吹き出し形式の自習クイズ導入

2015 年度の「情報処理演習 I」においてはメモ用紙に掲載する自習クイズの一部に吹き出し形式のものを導入した。吹き出しは書いてあるが記入欄が別にあるもの(図 11), 吹き出しに直接記入するもの(図 13, 図 14), また, 吹き出しではないが図中に記入欄があるもの(図 12)を導入した。

図 11 は, その日の課題で扱うデータ構造とそのデータ構造をプログラムから扱う際の操作について説明する図に吹き出しが書かれており, 吹き出し中の空欄を埋めるものである。

図 12 は, 吹き出しではないがその日の課題のプログラムに与えられるデータ例とそのデータが処理されている過程を示す図が書かれており, 図中に何か所かある空欄を埋めるものである。

図 13 は, その前の回から 2 回継続して扱ったプログラムの一部に吹き出しを設け, 吹き出しをすべて埋めるものである。

図 14 は, その回の演習資料および演習課題の両方に現れるプログラム例に空欄を設け, 空欄それぞれに対する記入欄を吹き出し形式にしたものである。

## 4. 結果

メモ用紙全体や自習クイズ, 吹き出し形式を含む自習クイズについて, 使用状況, アンケート, および, インタビューの結果を述べる。

### 4.1 メモ用紙使用状況の推移

メモ用紙に自習クイズを掲載し始めた 2013 年度の使用状況は伊藤ら<sup>(2)</sup>にて報告済みのため, その結果概要のみを述べ, それに続いて今回新たに調査した 2014 年度と 2015 年度のメモ用紙および自習クイズの使用状況を報告する。

2013 年度は全 13 回の演習のうち, 自習クイズ付きのメモ用紙を使用したのは 8 回, それ以外の 5 回は記名欄のみが両面にあるメモ用紙(図 1)を使用した。自習クイズは多く使用している学生の比率は 2 割~4 割程度, 少なく使用している学生も含めた比率は 3 割~4 割程度であり, 学期を通じて使用率は比較的安定していた。一方で自習クイズ以外の部分の使用状況は, 初回演習時には多くまたは少なく使用している学生が 9 割を超えていたが, 学期全体としては減少傾向にあった。それぞれの日の演習課題の難易度と自習クイズやメモ用紙の使用率には何らかの関係があることが推測されたが, それぞれの日の必須課題の演習時間内正答率を調べたところ, その傾向は明らかではなかった<sup>(2)</sup>

2014 年度は全 12 回の演習のうち, 自習クイズ付きのメモ用紙を使用したのは 10 回, それ以外の 2 回は記名欄のみが両面にあるメモ用紙(図 1)を使用した。自習クイズ部分の使用状況および自習クイズ以外の部分の使用状況は図 3 および図 4 の通りで

ある。いずれも横軸は演習の行われた日を表しており, 0415 が 4/15, 0422 が 4/22 を意味している。縦軸には多く使用していた学生, 少なく使用していた学生, 全く使用していない学生の人数比率を示している。受講生は 40 名でメモ用紙提出率は約 99% である。メモ用紙の運用方法等は前年度までとほぼ同様であるが, 自習クイズもメモ欄も全体的な使用率は 2013 年度よりもやや増えている。なお, 5/27 に紙の中間試験を, 7/22 に紙の期末試験を実施している。中間試験後に自習クイズの使用率が持ち直して, その後再び減少傾向になっているように見えるが, 因果関係は明らかではない。

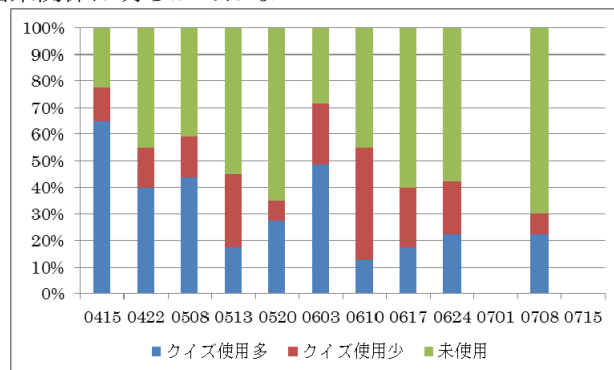


図 3 自習クイズ使用状況(2014 年度)

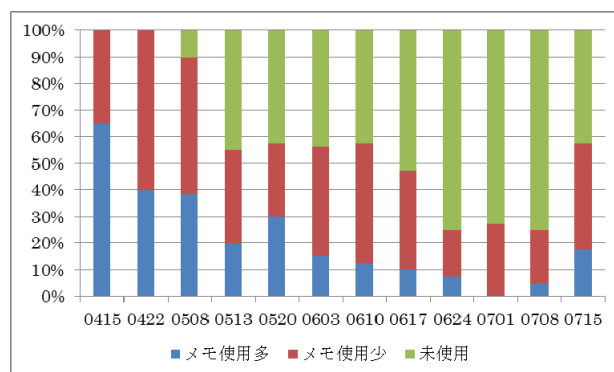


図 4 メモ用紙使用状況(2014 年度)

2015 年度は全 11 回の演習すべてに自習クイズ付きのメモ用紙を使用した。自習クイズ部分の使用状況および自習クイズ以外の部分の使用状況は図 5 および図 6 の通りである。横軸と縦軸の意味は 2014 年度と同じである。受講生は 43 名でメモ用紙提出率は約 98% である。これらのうち, 6/16 のメモ用紙には吹き出しは書いてあるが記入欄が別にあるクイズ(図 11)を, 6/23 には吹き出しではないが図中に記入欄があるクイズ(図 12)を, 6/30 と 7/7 には吹き出しに直接記入するクイズ(図 13, 図 14)を導入した。自習クイズに吹き出しを含めた回とそうでない回とで自習クイズの使用率に明らかな違いは見い出せなかった。6/30 は全面的に吹き出し形式の自習クイズを導入し, クイズ使用率は極めて高く, 逆にメモ欄使用率は極めて低い結果となった。ただし, 6/30 の演習課題はその前の 6/23 の課題プログラムをさら

に拡張するというものであり、6/30の吹き出し形式自習クイズもそのプログラムを直接対象としたものであることから、吹き出し形式であることと課題内容と自習クイズの内容とが複合的に影響してこれらの使用率になった可能性が高い。全体的にはクイズの使用率は過去3年間で最も高く、逆にメモ欄の使用率は最も低かった。それぞれの使用度合いは目視で判断しているため、ある程度の誤差はあり得るが、クイズ使用率の高さは明らかである。なお、2015年度は日程の都合上、中間試験は行わず、8/4に紙の期末試験を実施した。

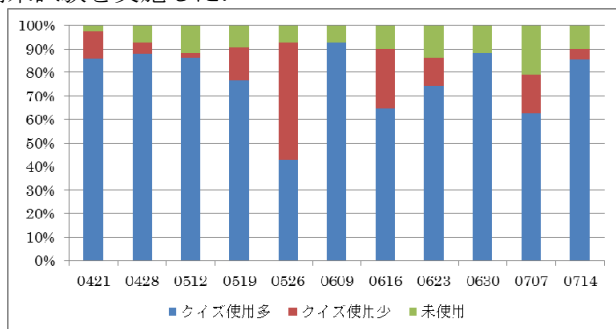


図 5 自習クイズ使用状況(2015 年度)

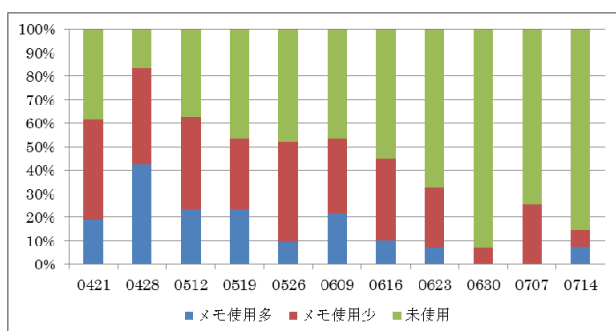


図 6 メモ用紙使用状況(2015 年度)

## 4.2 事後アンケート

2015 年度の「情報処理演習 I」終了後に第一著者が担当したクラスの受講生 43 名に対してメモ用紙についてのアンケートを実施した(図 8, 図 9, 図 10)。アンケート回答者数は 17 名、回答率は約 40% である。アンケート回答者のクイズ使用率はクラス全体よりもやや低く、メモ使用率は逆にクラス全体よりもやや高い程度であった。

プログラミングの得意度合を自己申告してもらったところ、回答者 17 名のうち「とても苦手」と「苦手」の回答者は合わせて 60%を超え、「どちらでもない」と「得意」がそれぞれ 20%弱、「とても得意」と答えた回答者は居なかった(図 8)。

メモ用紙の自習クイズ部分およびメモ欄について課題を解くのに役立ったか、また、メモ欄について自分の考えを整理するのに役立ったかを聞いたところ図 9 の結果であった。メモ欄が課題を解くのに役立ったかの質問とメモ欄が自分の考えを整理するのに役立ったかの質問に対してはいずれも「まったく役に立たなかった」と「あまり役に立たなかった」

が合わせて約 20%、「まあまあ役に立った」と「とても役に立った」が合わせて 70~80%となった。一方で自習クイズが課題を解くのに役立ったかの質問に対しては、「まったく役に立たなかった」と「あまり役に立たなかった」がメモ欄よりもやや多い約 30%、「まあまあ役に立った」と「とても役に立った」がメモ欄よりもやや少ない約 60%であった。相対的に使用率の高い自習クイズの方が役立ち度は低く、相対的に使用率の低いメモ欄の方が役立ち度は高いという結果になった。

また、他のプログラミング言語を学ぶ場合や卒業研究等でプログラムを作る際にメモ用紙を使うかどうかを聞いたところ、回答者の 80%前後が使うと答えた(図 10)。それぞれの理由を自由記述してもらったところ、使うと答えた回答者の使う理由は PC 上にメモするよりも紙の方がメモしやすいことや、メモすることによって考えが整理されることなどの意見が多かった。一方で使わないと答えた回答者の使わない理由は分からないものはメモしても分からない、プログラム中にコメントした方がやり易いというものであった。

さらに自習クイズやメモ欄について良かった点を自由記述してもらったところ、自習クイズが特に難しい課題のときにヒントとなっていたことや、メモ欄は課題が難しくても難しくなくても役立ったとの意見が見られた。また、自習クイズやメモ欄について改善案を自由記述してもらったところ、自習クイズの回答欄が狭いときがある、もっとクイズを増やしてほしい、もっとヒントが欲しいとの意見が見られた。

## 4.3 インタビュー

特にメモ用紙の使用率が高かった受講生に対して、メモ用紙の使用についてインタビューを行った(図 7)。インタビューによると、この受講生はメモ用紙を演習中に課題を解く際に、作るべきプログラムに具体的な値を与えたらどう動くかの想定したメモ書き、配列等に格納されるデータを想定したメモ書き、あるいは作るべきプログラムの下書きなどをメモ用紙に書いていた。演習後はメモ用紙をほとんど振り返ることなく、復習時には別にまとめノートを書き、試験対策にはそちらを活用していた。メモは図や数式、プログラムなどだけであり、言葉での説明はほとんど無かった。他の受講生はプログラムの下書きを PC 上に書く例もあることを伝えたところ、PC 上に書くよりも紙に書く方が書きやすいことや、紙に書いた方が頭の中が整理されることを、メモ用紙の使用理由として挙げていた。なお、メモするまでもなくすんなり課題が解けた回や逆に難し過ぎてほとんど手が出せなかった課題の回にはメモ用紙もほとんど使っていなかった。自習クイズについては課題を解くためのヒントとして有用だったことと、正解が示されないために答えが分からないままのクイズがあったことを述べていた。自習クイズの一部が吹



き出し形式だったことに対しては特段の意見はなく、むしろ回答欄のサイズの大きさを気にしていた。少なくともこの受講生にとっては自由に使える白紙部分が多くあった方が良かったようである。



図 7 インタビューの様子

## 5. 考察

メモ用紙および自習クイズの実際の使用状況やアンケート結果、インタビュー結果を踏まえて、自習クイズ付きメモ用紙と吹き出しの導入について考察する。

メモ用紙の全体的な利用率は低いままであるが、2015 年度は自習クイズの利用率が極めて高くなった。吹き出しの導入は学期中盤以降の数回だけであるため、吹き出しは利用率の向上に直接寄与していない。メモ用紙の配布意図や使用法に関する説明や運用方法はどの年度もほぼ同じであるが、唯一 2015 年度だけ違った点はその回収方法である。2014 年度までは演習終了時にメモ用紙を回収し、復習のために必要な人は後で取りに来るようにと指示していたが、2015 年度は演習終了時にその場でメモ用紙をスキャンして教員の PC に取り込み、紙はすぐに返却した。確実に返却されることで試験勉強に使えると考えた可能性はあるが、採点もされず正解も開示されない自習クイズにその可能性を考えたかどうかは明らかではない。アンケートやインタビューからもこの点に関するコメントは得られなかった。

自習クイズもそれ以外のメモ欄も基本的には演習当日の課題を解くために一定の有用性があったと考えられる。もちろん、受講生本人の理解度に対して演習課題が十分簡単であればメモ用紙の必要度は低くなるし、逆に難しすぎても活用しようがなくなるため、メモ用紙を使う気があったとしても難易度が適当でない場合には使いたくても使えないという結果になる。残念ながらインタビューをあまり多く出来なかったため、メモ用紙をうまく活用できなかった受講生やそもそも使おうとしなかった受講生の意見や思いを確認することができなかった。そもそも、普段から授業でノートを活用できている学生の方が、このようなメモ用紙も有効活用できる可能性が高いと考えられる。また、プログラミングの演習科目に

おいて、すぐに PC 上でプログラムを作成し始めるのではなく、まず紙の上に書くことによって、課題に対する理解確認や考えの整理に有効であると考えられ、条件次第ではすぐ PC 上で作成するよりも早く完成する可能性もある。

2015 年度の導入において全面的に吹き出し形式の自習クイズを使用した 6/30 の自習クイズ使用率が非常に高く、逆にメモ欄の使用率が非常に低い結果となったが、4.1 節でも述べたように自習クイズが吹き出し形式だったこととの関連は必ずしも明らかではない。

吹き出しの導入方針として、決められたものを答えるクイズと自由に記述できるメモ欄の中間を目指すべきであったが、実際にはクイズの穴埋めの記入欄が吹き出しに変わっただけのものがほとんどになってしまった。それがなくてもメモ用紙を有効に活用できる受講生向けではなく、クイズなら埋められるが白紙のメモ欄には何を書いて良いか分からないような受講生から何かを引き出せるような吹き出し導入を目指したいところである。

## 6. おわりに

情報系学部で初年次教育として実施されているプログラミング科目に「吹き出し」を導入することによって、受講者の思考の見える化とそれに伴う理解の深化を目指した。

PC 使用中心のプログラミング演習科目に導入されている紙のメモ用紙上の自習クイズに吹き出し形式のクイズを導入した。メモ用紙や自習クイズの効用や使われ方は分かってきたものの、吹き出し形式を用いたことの効果は明らかに出来なかった。

吹き出しの導入方針として、それがなくてもメモ用紙を有効に活用できる受講生向けではなく、クイズなら埋められるが白紙のメモ欄には何を書いて良いか分からないような受講生から何かを引き出せるような吹き出し導入を目指していきたい。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 25381285 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- (1) 国立教育政策研究所: “OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA)”, <http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/index.html> (2015 年 6 月アクセス)
- (2) 伊藤恵, 大場みち子, 下郡啓夫: “プログラミング教育における紙使用による学習者の思考促進と調査の試み”, 教育システム情報学会研究報告, Vol. 28, No. 6, pp.50-64 (2014)
- (3) 亀岡正睦: “算数科教育における「ふきだし法」の理論と展開”, 数学教育研究, Vol.20, pp.1-18 (1990)
- (4) 亀岡正睦, 古本温久: “子どもの思考が「見える!」「わかる!」算数科授業デザイン「ふきだし法」”, 東洋館出版社 (2014)

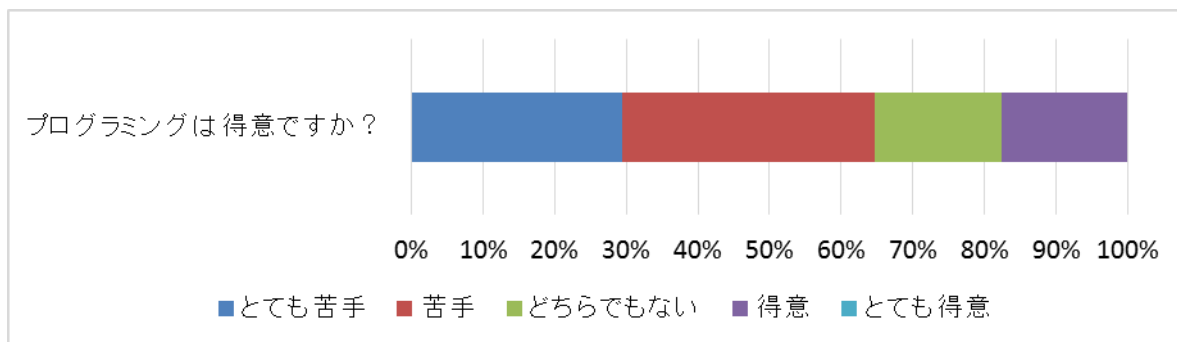


図 8 アンケート結果 1

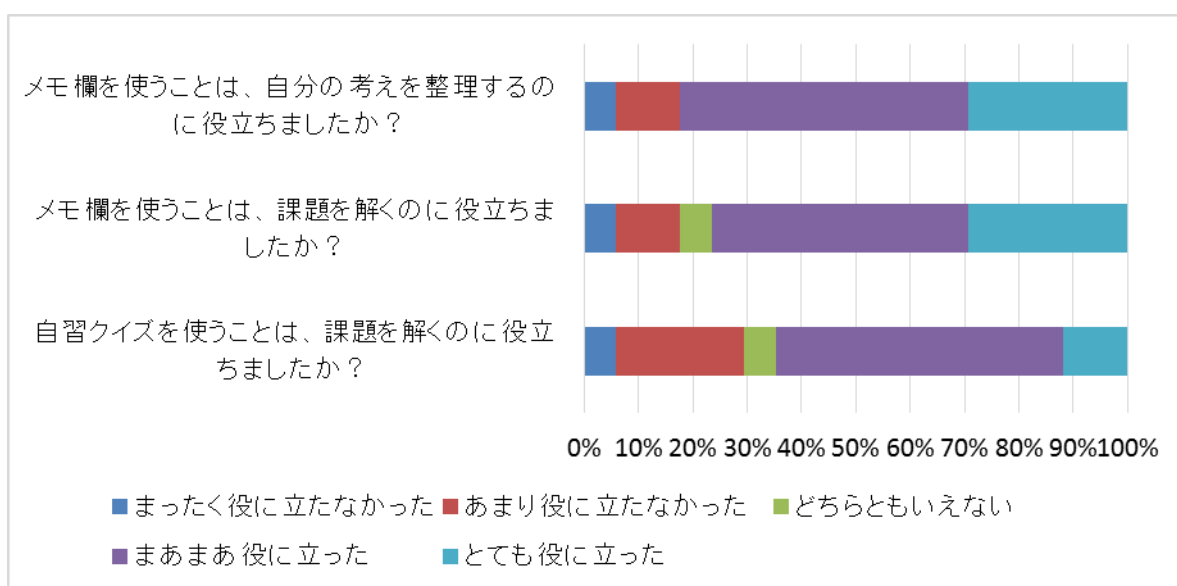


図 9 アンケート結果 2

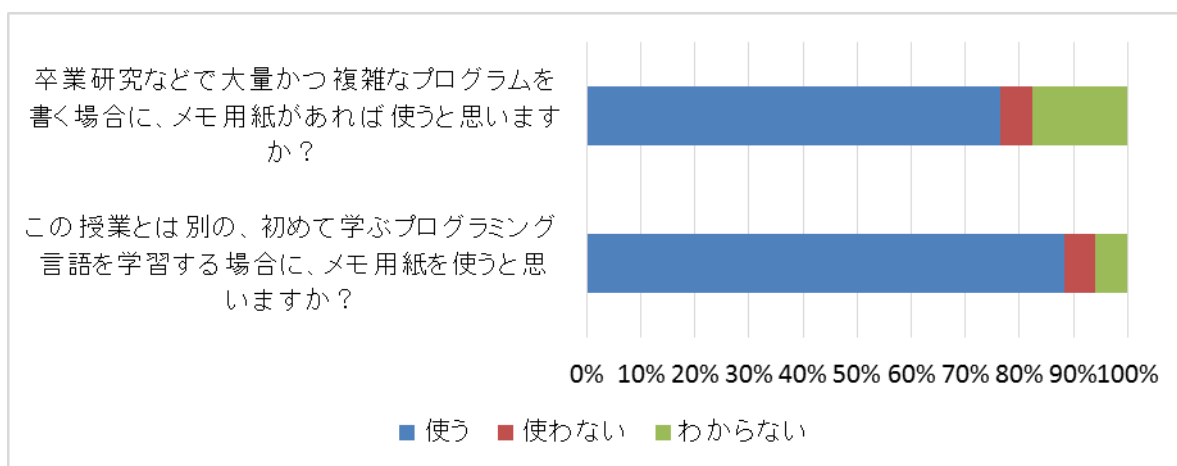
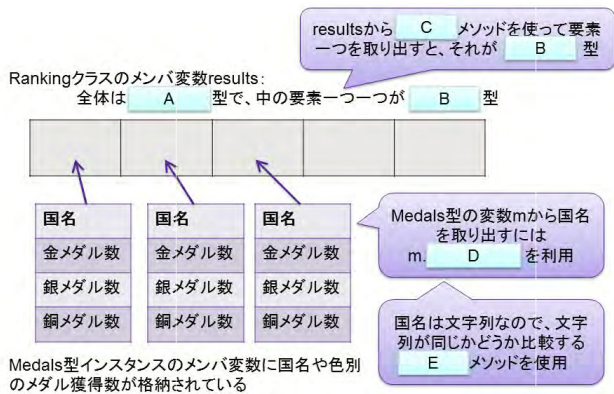


図 10 アンケート結果 3

【クイズ 2】 以下の図が課題プログラムのデータ構造とデータ操作に関する適切な説明となるように A から E の空欄に当てはまるものを右の表に埋めよ



A	
B	
C	
D	
E	

図 11 吹き出しと別に記入欄のあるクイズ

【クイズ 1】 課題プログラムで行うべき処理を示した以下の図の空欄を埋めよ。

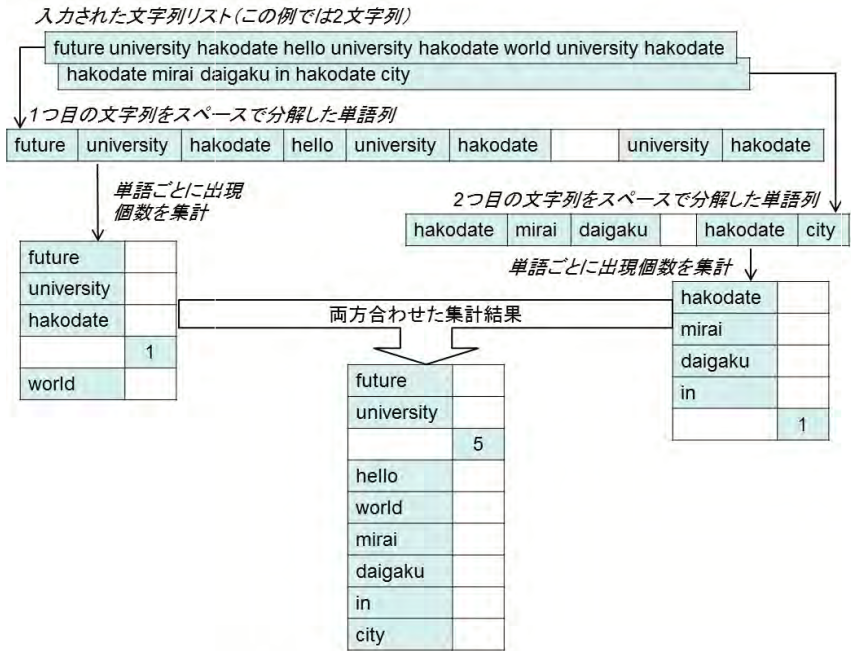


図 12 図中に記入欄のあるクイズ

【クイズ 1】 前回課題プログラムの一部を示した以下の図の吹き出しに適切な処理または説明を埋めよ。

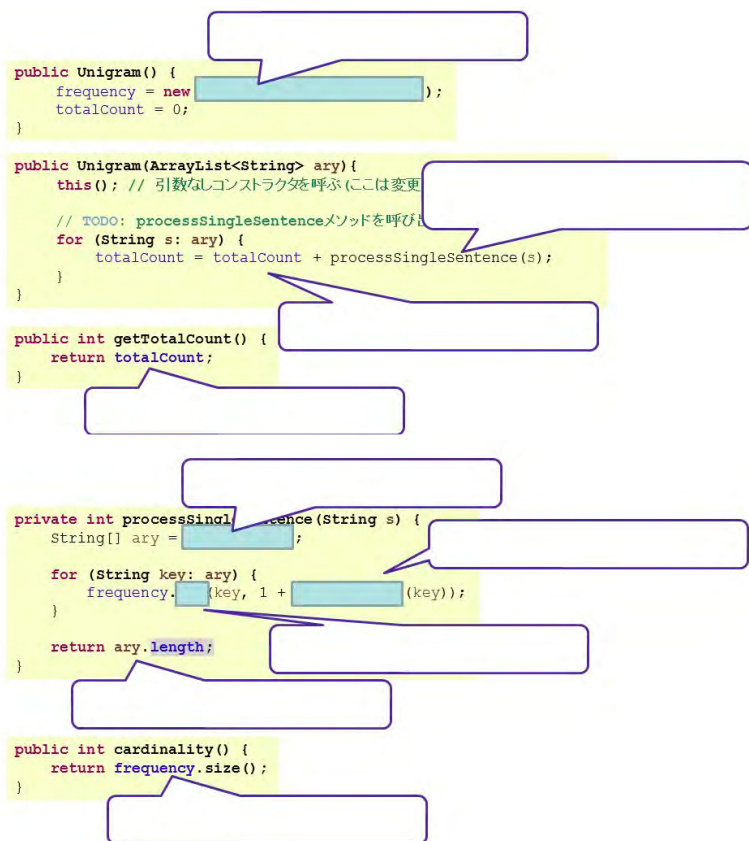


図 13 吹き出し形式の自習クイズ 1

【クイズ 1】 文字列変数 path で指定されるフォルダに含まれるファイルとサブフォルダの名前一覧を表示したいとき、以下の吹き出しに適切なものを埋めよ。

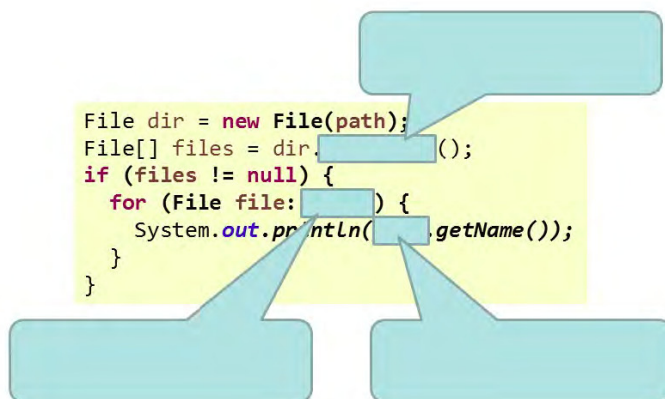


図 14 吹き出し形式の自習クイズ 2